Aus dem Botanischen Institut der Johann-Wolfgang-Goethe-Universität
Frankfurt am Main

Über den Einfluß von Erythrosin und Eosin auf das Reaktionsvermögen von Avena- und Cucumis-Keimlingen gegenüber Wuchsstoff

INAUGURAL-DISSERTATION

zur Erlangung des Doktorgrades der Naturwissenschaftlichen Fakultät
der Johann-Wolfgang-Goethe-Universität Frankfurt am Main

vorgelegt von

GÜNTER STAHLBERG
aus Walldorf bei Frankfurt a. M.

1940

Referent: Prof. Dr. Laibach

Korreferent: Prof. Dr. Giersberg

Tag der mündlichen Prüfung: 30. Mai 1938

R. UNIV.
BIBLIOTHEEK
LEIDEN

Mit Genehmigung der Naturwissenschaftlichen Fakultät der Johann-Wolfgang-Goethe-Universität Frankfurt am Main.

Druck: Hansische Gildendruckerei, Hamburg 11, Catharinenstraße 21

I. Einleitung.

Über den Einfluß von Erythrosin und Eosin auf die Wachstumsvorgänge bei Pflanzen liegen zahlreiche Untersuchungen vor. Seien es photodynamische Eigenschaften auf Grund der Fluoreszenzeigenschaft, seien es Dunkelwirkungen, stets ergab sich, daß den genannten Farbstoffen Eigenschaften zukommen, durch die das Wachstum weitgehend beeinflußt wird. Im folgenden soll untersucht werden, wie sich eine gleichzeitige Behandlung mit den Farbstoffen und mit Heteroauxin bei Keimlingen höherer Pflanzen auswirkt. Als Kriterium dienen Längenwachstum und Krümmungseffekt, hervorgerufen durch zwei- bzw. einseitiges Auftragen von Pasten, welche die zur Prüfung gelangenden Stoffe enthalten. Die Versuche wurden im Dunkeln durchgeführt.

Auf eine historische Übersicht über die einschlägige Literatur kann verzichtet werden; in der Arbeit von Schweighart (1935) sind die seit der Entdeckung des eigentümlichen „Eosinphaenomens" durch Boas und Merkenschlager (1925) erschienenen Arbeiten zusammengestellt.

II. Material und Methodik.

Als pflanzliches Untersuchungsobjekt dienten die Koleoptile von *Avena sativa* („Siegeshafer", Svalöf) und das Hypokotyl von *Cucumis sativus* („Sachsenhäuser Halblange", Fa. Kahl, Frankfurt/M.). Die Haferkeimlinge wurden nach der im hiesigen Institut gebräuchlichen Methode angezogen (Laibach u. Kornmann, 1933); die Anzucht der Gurkenkeimlinge geschah in Töpfen (oberer Durchmesser $4^1/_2$ cm), nachdem die Samen in Sägemehl zur Keimung gebracht waren. Die Versuche wurden in Konstanzräumen bei einer Temperatur von 22° C durchgeführt.

Die auf ihre Wirkung zu untersuchenden Substanzen wurden in Form von Pasten (1 Teil Adeps lanae + 1 Teil Lösung) zugeführt.

Das Heteroauxin kam vorwiegend als β-indolylessigsaures Natrium zur Anwendung. Der Kürze halber soll es mit J-Na bezeichnet werden. Es wurde im hiesigen Botanischen Institut aus Indol hergestellt. Die Farbstoffe Erythrosin und Eosin wurden von den Firmen E. Merck, Darmstadt, und G. Grübler, Leipzig, bezogen.

Die Bestimmung des Längenzuwachses erfolgte mit Hilfe eines Millimeter-Lineals. Zur Messung der Krümmungen diente ein Winkelmesser (Brecht, 1936).

III. Dunkelversuche an *Avena sativa*.

Um das Verhalten der *Avena*-Koleoptile im Dunkeln gegenüber Heteroauxin bei gleichzeitiger Anwesenheit von Erythrosin zu prüfen,

wurden zunächst die folgenden Pasten einseitig längs einer Schmalseite aufgetragen:

J-Na 0,1%,
Erythrosin 0,1%,
J-Na + Erythrosin je 0,1% (künftig als Mischpaste bezeichnet).

Die durch J-Na bewirkte negative Krümmung setzt deutlich sichtbar nach einer halben Stunde ein und schreitet rasch fort, bis nach etwa 48 Stunden das Maximum mit 180° erreicht ist. Im Gegensatz hierzu löst das Erythrosin positive Krümmungen aus, indem die der Paste zugewandte Flanke im Wachstum gehemmt wird.

Sowohl bei J-Na als auch bei Erythrosin muß man sich die Wirkung so vorstellen, daß sich ein Konzentrationsgefälle von der behandelten zur unbehandelten Schmalseite ausbildet und daß durch ungleiches Wachstum der beiden Flanken eine Längendifferenz zustande kommt, die in den beiden Fällen entgegengesetzt gerichtet ist. Durch Messung konnte festgestellt werden, daß auch die nicht behandelte Flanke beeinflußt wird, d. h. eine Förderung bzw. eine Hemmung erfährt.

Welchen Einfluß wird nun auf Grund dieser Befunde eine Paste ausüben, die zu gleichen Teilen die beiden obigen Substanzen enthält? Der Versuch hat ergeben, daß eine derartige Mischpaste negative Krümmungen auslöst, welche die durch J-Na allein hervorgerufenen um ein M e h r f a c h e s übertreffen. Durchschnittlich wurden Krümmungen von 800° beobachtet, es traten in späteren Versuchen vereinzelt solche zu 1400° auf (Fig. 1).

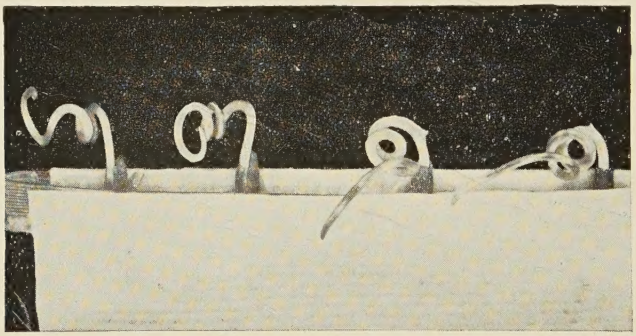

Fig. 1:
Avenakoleoptilen einseitig mit 0,1%iger Erythrosin-J-Na-Paste bestrichen. — Nach 48 Stunden.

Um diesem eigentümlichen Verhalten näherzukommen, erschien es notwendig, einen großen Konzentrationsbereich zu prüfen. Folgende Pasten kamen zur Verwendung:

J-Na 1%, 0,5%, 0,25%, 0,1%, 0,05%, 0,025% usw.;
Erythrosin desgleichen;
Mischpaste ebenso.

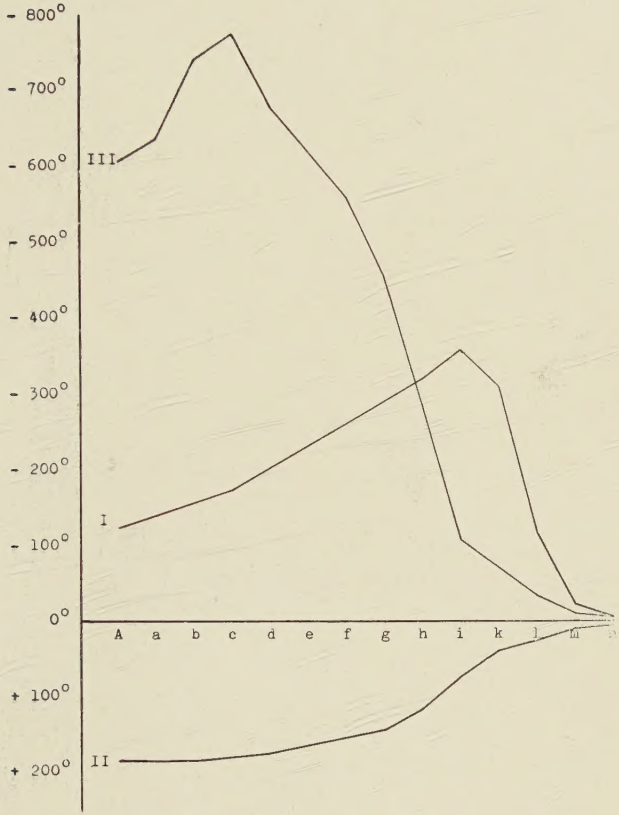

Fig. 2:
Dunkelversuch an *Avena sativa*.
Pasten einseitig aufgetragen.

Abszisse: Konzentrationen;
Ordinate: Krümmungen nach 48 Stunden (in Winkelgraden).
I. J-Na-Kurve; II. Erythrosin-Kurve; III. Mischpasten-Kurve.

Konzentrationen:

A	1%	d	0,05%	h	0,00312%	m	0,00019%
a	0,5%	e	0,025%	i	0,00156%	n	0,00009%
b	0,25%	f	0,0125%	k	0,00078%		
c	0,1%	g	0,00625%	l	0,00039%		

Fig. 2 gibt die Krümmungen in Winkelgraden für alle Konzentrationen nach Ablauf von 48 Stunden wieder. Die J-Na-Kurve weist ein deutliches Maximum im mittleren Konzentrationsbereich auf. In den Arbeiten von Laibach (1935), Laibach und Fischnich (1936) und Brecht (1936) sind ähnliche Kurven für β-Indolylessigsäure- und Harnwuchsstoffpasten dargestellt. Für die Mischpasten ergibt

sich folgendes merkwürdige Bild: Die stärksten Konzentrationen lösen negative Krümmungen aus, die höher sind als die der entsprechenden J-Na-Pasten. Bis zu 0,1% erfolgt eine Zunahme der Krümmungen bis 800°. Von diesem Punkte an fällt die Kurve; ihr abfallender Ast liegt aber zunächst immer noch oberhalb der J-Na-Kurve. Erst im mittleren Konzentrationsbereich schneiden sich beide Kurven, do daß bei weiterer Verdünnung die erreichten Krümmungswinkel der Mischpasten schwächer sind als die der entsprechenden J-Na-Pasten. Beide Kurven streben nun der Abszisse zu, bei weiterer Verdünnung erfolgt also keine Krümmung mehr.

Erythrosin ruft in allen Konzentrationen positive Krümmungen hervor, die um so stärker sind, je höher die Konzentration ist. Aus dem Kurvenbild ist ersichtlich, daß das Erythrosin bereits in mittelstarken Konzentrationen einen stark hemmenden Einfluß auf die Koleoptile ausübt, der durch Konzentrationserhöhung nur noch in geringfügiger Weise gesteigert wird. Der absolute Längenzuwachs ist im Vergleich zu den Kontrollpflanzen gering, was auf einen regen Farbstofftransport von der behandelten zur gegenüberliegenden Flanke schließen läßt. Diese Wachstumshemmung hat zur Folge, daß die Koleoptilspitze von dem Primärblatt schon vorzeitig durchbrochen wird. Sobald dieser Vorgang sich vollzogen hat, erfolgt eine allmähliche Sistierung des Wachstums; für eine gewisse Zeit läßt sich noch ein Längenzuwachs feststellen, offenbar solange, als der noch in der Spitze vorhandene Wuchsstoff basalwärts wandert und verbraucht wird. Die Zunahme der positiven Krümmungen wird stetig vermindert; denn solche können nur auftreten, wenn das behandelte Organ noch im Wachstum begriffen ist (Viehmann, 1939; vgl. dagegen Gorter, 1927).

Nach dem Ergebnis dieser Versuche mußten solche mit zweiseitigem Auftragen durchgeführt werden. In Fig. 3 ist das Ergebnis einer solchen Versuchsserie dargestellt. Während die Kontrollpflanzen nach 24 Stunden einen durchschnittlichen Längenzuwachs von 128% aufwiesen, zeigten die mit Erythrosin behandelten Koleoptilen ein stark beeinträchtigtes Wachstum. Starke Konzentrationen bewirkten einen Zuwachs von nur 30%. In ähnlicher Weise wie bei den Krümmungsversuchen läßt sich auch hier für Erythrosin eine annähernde Gleichheit in der Wirkung innerhalb des starken Konzentrationsbereiches feststellen, während ein mehr lineares Verhältnis zwischen Konzentration und Wachstum innerhalb des mittleren und schwächeren Bereichs besteht.

Bei vergleichender Betrachtung der J-Na-Wirkung bei ein- und zweiseitiger Behandlung gelangt man zu folgenden Ergebnissen: In beiden Fällen ist die Folge eine Wachstumsförderung; sie äußert sich einerseits im Auftreten negativer Krümmungen, andererseits in einer Beschleunigung des Längenzuwachses, die zu einer größeren Endlänge der Koleoptilen führt. Bei ein- und zweiseitigem Auftragen ergaben sich stets eingipflige Kurven; sie unterscheiden sich aber dadurch, daß sich bei einseitigem Bestreichen ein deutliches Maximum im mittleren

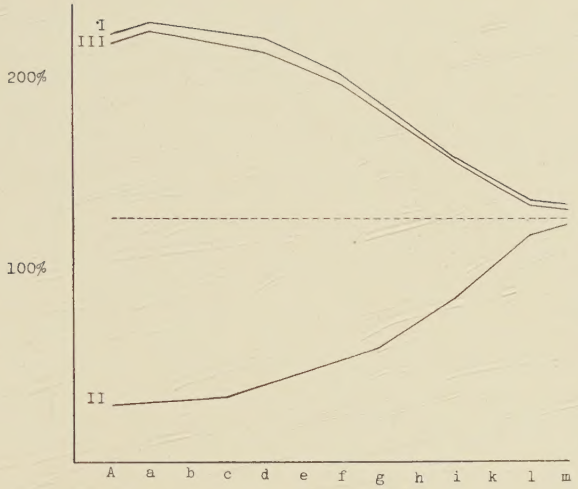

Fig. 3:
Dunkelversuch an *Avena sativa*.
Pasten zweiseitig aufgetragen.

Abszisse: Konzentrationen;
Ordinate: Prozentualer Längenzuwachs nach 24 Stunden.
I. J-Na-Kurve;
II. Erythrosin-Kurve;
III. Mischpasten-Kurve;
— — — — Kontrolle.

Konzentrationsbereich ausbildet, während bei zweiseitigem Auftragen das Maximum bei einer bedeutend höheren Konzentration liegt, nämlich bei 0,5%. Überdies ist hier das Maximum nicht so deutlich ausgeprägt. Dieser Unterschied hängt mit dem Quertransport bei einseitigem Auftragen der J-Na-Pasten zusammen, der um so ausgiebiger ist, je höher die Konzentration ist. Bei einseitiger Verwendung starker Konzentrationen wird daher auch die nicht behandelte Flanke derart gut mit Wuchsstoff versorgt, daß sie eine erhebliche Förderung des Wachstums erfährt. Dadurch wird aber die Krümmung kleiner als bei Verwendung mittlerer Konzentrationen. Höhere Konzentrationen als 1% wurden nicht geprüft; es kann jedoch die Vermutung ausgesprochen werden, daß bei Verwendung solcher die Wachstumsförderung mehr und mehr abnimmt und das Wachstum sich wieder dem der Kontrolle angleicht.

Welche Wirkungen werden nun bezüglich des Längenzuwachses die Mischpasten ausüben? Auf Grund der Krümmungsversuche könnte man zu dem Schluß kommen, die wachstumsfördernde Wirkung des J-Na würde eine weitere Beschleunigung erfahren. Wie jedoch aus Fig. 3 hervorgeht, erfolgt durch Zusatz von Erythrosin zu J-Na-Paste

keine Erhöhung des Längenzuwachses. Die für die Mischpasten erhaltene Kurve zeigt f a s t den gleichen Verlauf wie die J-Na-Kurve; sie liegt nur um einen geringen Betrag unterhalb dieser. Es muß jedoch betont werden, daß dieser Unterschied in jedem der Versuche in gleicher Weise beobachtet wurde. Aus diesen Befunden geht hervor, daß trotz der wachstumshemmenden Wirkung des Erythrosins die Beeinträchtigung der J-Na-Wirkung bei den verwendeten Mischungsverhältnissen nur sehr gering ist.

Aus Fig. 2 ging hervor, daß die schwache J-Na-Paste 1 (0,00039%) und die stärkste A (1%) die gleichen Krümmungen auslösen (etwa 120°), während die entsprechenden Mischpasten außerordentlich verschiedene Wirkungen hervorrufen (etwa 80° bzw. 600°). Um dieses Verhalten zu ergründen, war es notwendig, nunmehr auch solche Pasten zu prüfen, welche die Komponenten in ungleichen Mengenverhältnissen enthielten. Ich ging in diesem Falle so vor, daß ich jeweils eine Pastenserie herstellte, deren J-Na-Gehalt konstant gehalten, während der Erythrosinzusatz variiert wurde. In Fig. 4 ist das Ergebnis für den Fall des einseitigen Auftragens wiedergegeben. Auf der rechten Seite sind in vertikaler Anordnung die durch die verschiedenen J-Na-Pasten nach 48 Stunden verursachten Ablenkungen eingetragen. Bei jeder von diesen Punkten ausgehenden Kurven wurde das J-Na auf den angegebenen Wert konstant gehalten, während der Erythrosingehalt nach links zunimmt. Die unterste Kurve entspricht den Pasten, die das J-Na in unendlichfacher Verdünnung enthalten, d. h. wir haben die Erythrosinkurve selbst vor uns.

Vergleicht man die Wirkung einer 0,00625%igen J-Na-Paste mit einer 0,00078%igen unter gesteigertem Erythrosinzusatz, so ist folgende Feststellung bemerkenswert. In den genannten Konzentrationen lösen J-Na-Pasten etwa die gleichen Ablenkungen aus; in einer dazwischen liegenden Konzentration liegt das Maximum der Kurve (vgl. Fig. 2). Bei Anwesenheit von Erythrosin jedoch zeigen die beiden Konzentrationen ein grundsätzlich verschiedenes Verhalten. In der 0,00625%igen J-Na-Serie erfolgt bei Steigerung des Farbstoffgehaltes ein Anstieg der Krümmungswerte bis zu einem Maximum, anschließend fällt die Kurve wieder ab. Im anderen Falle hingegen wird die J-Na-Wirkung durch den Einfluß des Erythrosins zurückgedrängt, so daß die Kurve mit steigendem Farbstoffgehalt in das positive Gebiet übergeht. Der Einfluß des Erythrosins auf die Krümmung in den Mischpasten ist also abhängig von der J-Na-Konzentration, indem der Krümmungseffekt einer starken J-Na-Paste gefördert, der einer schwachen jedoch herabgesetzt wird. Bei Verwendung schwacher J-Na-Konzentrationen weist die Kurve kein Maximum auf. Je höher die zugrunde liegende J-Na-Konzentration ist, um so ausgeprägter bildet sich — bei Änderung des Farbstoffgehaltes — ein Maximum aus. Im mittelschwachen Gebiet ist es zunächst in einer leichten Andeutung vorhanden, alsdann wird es jedoch immer deutlicher. In Verbindung damit rückt das Maximum von Serie zu Serie stetig in Richtung der Farbstoffkonzentrationserhöhung

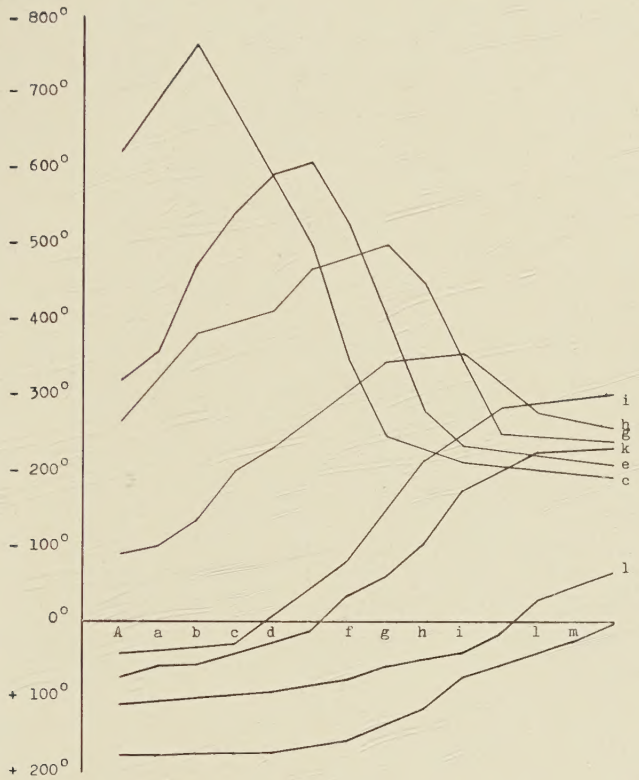

Fig. 4:
Dunkelversuch an *Avena sativa*.
Pasten einseitig aufgetragen
Erklärung im Text.

weiter, so daß unter gleichzeitiger Steigerung des Höchstwertes in bezug auf den erreichten Krümmungswinkel das in Fig. 4 wiedergegebene Kurvensystem zustande kommt.

Wie verhält sich nun das Längenwachstum unter der Einwirkung von Pasten verschiedenen J-Na- und Erythrosingehaltes? In Fig. 5 veranschaulichen die rechts übereinander angeordneten Punkte den durch verschiedene J-Na-Pasten bewirkten Längenzuwachs, so daß also jeder Kurve dieser konstante J-Na-Wert zugrunde liegt, während der Farbstoffgehalt nach links zunimmt. Hieraus geht hervor, daß starke J-Na-Pasten selbst durch stärkste Erythrosin-Konzentrationen in ihrer Wirksamkeit nur in belangloser Weise beeinträchtigt werden. Andererseits zeigt sich für schwache J-Na-Pasten bereits durch mittlere Farbstoffkonzentrationen eine deutliche Beeinflussung in Form einer Wachstumshemmung. Diese Wirkungsweisen zeigen sich in Fig. 5 in der

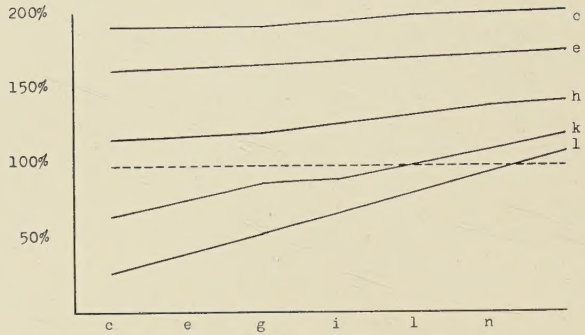

Fig. 5:
Dunkelversuch an *Avena sativa*.
Pasten zweiseitig aufgetragen.
— — — — Kontrolle.
Erklärung im Text.

Weise, daß der Abfall der Kurve nach links um so stärker ist, je niedriger die zugrunde liegende J-Na-Konzentration ist, d. h. je stärker das Mengenverhältnis Erythrosin/J-Na zugunsten des ersteren verschoben ist. Aus diesem Grunde verläuft die Kurve für J-Na geringer Konzentration vornehmlich unterhalb der Kontrolle.

Schon Brecht (1936) konnte zeigen, daß die Krümmungsintensität vom Wuchsstoffgehalt der Versuchspflanzen abhängt. Je geringer dieser ist, um so besser sprechen die Keimlinge auf einseitig zugeführten Wuchsstoff an. Durch Dekapitation der Koleoptile wird der Wuchsstoffgehalt herabgesetzt und sein Einfluß somit mehr oder weniger ausgeschaltet. Die Ergebnisse eines Versuchs, bei dem intakte und dekapitierte Koleoptilen einseitig mit J-Na-, Erythrosin- und Mischpaste behandelt wurden, sind in Tabelle 1 zusammengestellt. Die durch J-Na-Paste hervorgerufenen negativen Krümmungen sind bei den dekapitierten Koleoptilen stärker als bei den intakten. Bei Verwendung von Erythrosinpaste sind dagegen die positiven Krümmungen bei den intakten Koleoptilen größer als bei den dekapitierten. Die Erklärung für dieses Verhalten liegt auf der Hand: die negativen Krümmungen fallen um so stärker aus, je mehr die nicht behandelte Seite im Wachstum gehemmt ist, die positiven dagegen werden um so ausgeprägter, je weniger die unbehandelte Flanke gehemmt ist. Daß die Mischpaste bei intakten Keimlingen besser wirkt als bei dekapitierten, könnte damit zusammenhängen, daß die Hemmung auf der nicht behandelten Seite durch quergewandertes Erythrosin etwa ebenso stark ist wie bei den dekapitierten, trotzdem auch noch Auxinmangel herrscht, daß aber das Wachstum auf der behandelten Seite bei den intakten das der dekapitierten übertrifft.

Geht man einmal von der Annahme aus, daß die Bildung des Spitzenwuchsstoffes durch Erythrosin eine Depression erleidet, wie das Boysen-Jensen (1934) annimmt, so müßte sich der gleiche Effekt erzielen lassen, wenn man die Spitze, statt zu dekapitieren, mit Erythrosin behandelt. Aus diesem Grunde hüllte ich die Koleoptilspitze in Erythrosinpaste ein und trug anschließend J-Na-Paste längs einer Schmalseite auf. Die erzielte Krümmung läßt sich jedoch schwierig beurteilen, da die Keimlinge bei dieser Versuchsanordnung zu unliebsamen Torsionsbewegungen veranlaßt werden. Wie Fig. 6 zeigt, kommt außer der eigentlichen Krümmung, die sich über die gesamte Flanke

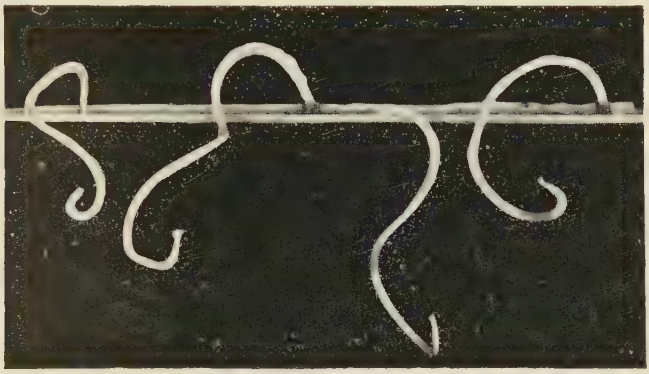

Fig. 6:

Avenakoleoptilen, deren Spitzen mit 0,1%iger Erythrosinpaste und deren eine Flanke mit 0,1%iger J-Na-Paste behandelt wurden. Spitzenzone stark eingekrümmt, tiefere Zonen tordiert und gekrümmt.

erstreckt, noch eine weitere, scharf ausgeprägte hinzu, welche lediglich auf den oberen Zentimeter beschränkt bleibt und Werte bis zu 200° erreichen kann. Das Erythrosin dringt in das Innere der Spitze ein und wird über den gesamten Querschnitt basalwärts geleitet. Der Längstransport vollzieht sich aber offenbar nur innerhalb des oberen Zentimeters, da die starke Spitzenkrümmung ausschließlich in diesem Teil ausgelöst wird, während die unteren Teile der Koleoptile keine so starken Einrollungen erfahren wie bei einseitigem Bestreichen der Koleoptile mit Mischpaste. Das spricht gegen eine Zerstörung des Auxins und gegen eine Verhinderung der Auxinbildung durch das Erythrosin. Denn das mußte sich ja auch auf die unteren Partien der Koleoptilen auswirken. Das Erythrosin bewirkt zwar in der Spitzenregion auch eine Wachstumshemmung wie die Dekapitation, aber auf andere Weise: durch Schwächung des Reaktionsvermögens gegenüber Wuchsstoff, wozu noch eine Hemmung seines Quertransportes kommen

könnte. Daß bei Anwendung schwacher Farbstoffpasten die Ausbildung der starken Spitzenablenkung unterbleibt, ist verständlich, denn geringe Erythrosinkonzentrationen genügen nicht, um eine deutliche Wachstumshemmung zu bewirken.

Es ergab sich die Notwendigkeit, an stark gekrümmten Koleoptilen die Länge der beiden Flanken zu ermitteln. Die Messung geschah mit Hilfe eines Fadens, welcher der Paste angedrückt wurde. Um exakte Bestimmungen durchführen zu können, mußten zu Beginn des Versuches gleichlange Koleoptilen herausgegriffen werden, wobei eine Fehlergrenze von 0,2 bis 0,6 mm nicht stark ins Gewicht fiel. Nach 36stündiger Versuchsdauer wurden die Koleoptilen vom Korn getrennt und der Längenzuwachs auf der Konvexseite bestimmt. Der Zusammenhang zwischen Länge und Krümmungswinkel wurde mit Hilfe der Beziehung $d = \frac{p \cdot 2 \pi t}{360°}$ ermittelt; d bedeutet die Längendifferenz zwischen Konvex- und Konkavseite, p den Krümmungswinkel, t den Durchmesser der Koleoptile (1,5 mm) (vgl. hierzu Boysen-Jensen 1935). Aus der Tabelle 2 geht hervor, daß die starken negativen Krümmungen durch die Mischpasten durch eine beträchtliche Längendifferenz zwischen den beiden Schmalseiten zustandekommen; und zwar wird die unbehandelte Flanke gegenüber der Kontrolle gehemmt, während die behandelte sich in etwa ebenso starkem Maße streckt als wenn nur J-Na zugegen wäre.

Es war nunmehr weiter von Interesse, ob es sich um spezifische Wirkungen des Erythrosins handelt oder ob auch andere Stoffe ähnliche Effekte auszulösen vermögen. Die gleichen Erscheinungsbilder wurden auch bei Anwendung von Eosin gelblich und Eosin bläulich festgestellt. Es erübrigt sich, die diesbezüglichen Ergebnisse hier mitzuteilen und durch Abbildungen zu erläutern, da sie sich von denen des Erythrosins in keiner Weise unterscheiden. Als wirkungslos erwiesen sich die übrigen untersuchten Farbstoffe: Fluoreszein, Trypaflavin, Fuchsin und Methylenblau. Diese Farbstoffe, in Pastenform angewandt, übten weder einen hemmenden noch einen fördernden Einfluß auf das Wachstum der Pflanzen aus; ferner zeigten Mischpasten die gleiche Wirkung wie die entsprechenden J-Na-Pasten.

Als wachstumsfördernde Stoffe dienten für weitere Versuche die β-Indolylessigsäure sowie deren Kaliumsalz. Grundsätzliche Abweichungen gegenüber der Wirkung des J-Na konnten nicht festgestellt werden.

Es war nun noch die Möglichkeit zu berücksichtigen, daß die eigentümlichen Wirkungen des Erythrosins und Eosins auf den Halogengehalt zurückzuführen seien. Entsprechende Versuche mit anderen Halogenverbindungen (Bromiden, Bromaten, Jodiden, Jodaten) verliefen jedoch ergebnislos.

Durch den Vergleich der von mir untersuchten Farbstoffe kommt man also zu dem Ergebnis, daß nur diejenigen in Verbindung mit J-Na

die extremen Krümmungen und die anderen Effekte auszulösen vermögen, welche bei alleiniger Anwendung von einer gewissen Konzentration an wachstumshemmend wirken, also bei einseitigem Auftragen positive Krümmungen ergeben.

IV. Dunkelversuche an *Cucumis sativus*.

Als weiteres Versuchsobjekt dienten etiolierte Keimlinge von *Cucumis sativus*, bei denen die Pasten auch zunächst längs des Hypokotyls aufgetragen wurden. Durch einseitige Behandlung mit J-Na 0,1% wurden die stärksten Krümmungen erzielt: bis 800° nach 48 Stunden (Fig. 7). Es ergaben sich also Ablenkungen, wie sie in den

Fig. 7:
Cucumis-Keimling, dessen Hypokotyl einseitig mit 0,1%iger J-Na-Paste behandelt wurde.
Negative Krümmung von über 1400°.

entsprechenden *Avena*-Versuchen nie erzielt wurden. Das hängt wohl damit zusammen, daß der Quertransport des Wuchsstoffes in den etiolierten Gurkenhypokotylen geringer ist als in den Haferkoleoptilen. Bedeutsam ist ferner die Feststellung, daß die Mischpasten — in allen Konzentrationen — keine wesentlich höheren Krümmungen auszulösen vermochten als die entsprechenden J-Na-Pasten: 850° bei 0,1%. Die Erklärung hierfür ist wohl in folgendem begründet:

Wie an *Avena*-Koleoptilen gezeigt werden konnte, kommen die äußerst starken Krümmungen durch Mischpasten dadurch zustande, daß die unbehandelte Flanke eine deutliche Hemmung durch den Farbstoff erfährt, während die Wirkung des J-Na auf der behandelten Seite

nicht wesentlich beeinträchtigt wird. Bei *Cucumis sativus* stellte sich jedoch heraus, daß die positiven Krümmungen durch Erythrosinpaste bei weitem nicht das Ausmaß hatten wie die an *Avena* (50° gegen 180°). Das analoge Verhalten ergab sich auch durch zweiseitige Pastenzufuhr; der Unterschied zwischen unbehandelten und mit Erythrosin behandelten Hypokotylen ist wesentlich geringer als an *Avena*-Koleoptilen. Während hier die Kontrollen nach 24 Stunden einen drei- bis viermal so starken Längenzuwachs aufwiesen als die mit Erythrosin (0,1%) behandelten Koleoptilen, betrug das Verhältnis für *Cucumis* nur etwa 2:1.

Auf Grund dieser Befunde wird es verständlich, daß die Mischpaste nur wenig stärkere Krümmungen auslöste als die J-Na-Paste.

In einer Reihe weiterer Versuche wurde an etilolierten *Cucumis*-Keimpflanzen 0,2%ige Erythrosin-, J-K- und Mischpaste auf einen der beiden Kotyledonen aufgetragen. Wie bei den meisten dikotylen Keimpflanzen klaffen die Kotyledonen im Dunkeln nicht auseinander, sondern bleiben zusammen und zeigen mit der Spitze nach unten, da sich am Ende des Hypokotyls dicht unterhalb der Kotyledonen ein scharfes Krümmungsknie ausbildet. Bestrichen wurde die Unterseite des äußeren, vom Hypokotyl abgewandten Kotyledos, zu einer Zeit, in der die Länge des Hypokotyls bis zum Krümmungsknie etwa 2 cm betrug. Nach sechs Stunden zeigten bei den mit Heteroauxin- und Mischpaste behandelten Pflanzen die mittleren und unteren Teile des Hypokotyls Krümmungen, und zwar wurde stets die Flanke unterhalb des bestrichenen Kotyledo k o n v e x. Ein Unterschied zwischen den beiden Serien war nicht zu beobachten. Auch die mit Erythrosinpaste behandelten Keimlinge und die nicht behandelten verhielten sich untereinander gleich, insofern bei beiden k e i n e Krümmungsreaktion zu beobachten war. Nach 24 Stunden war die Situation folgende: Die beiden letzten Serien sind normal weiter gewachsen, das Krümmungsknie hat sich kaum verändert. Bei den beiden andern Serien dagegen hatte sich die Krümmung nach unten verstärkt, das Hypokotyl ist im Längenwachstum gehemmt worden, dafür aber stark in die Dicke gewachsen. Was aber am interessantesten ist, das Krümmungsknie am apikalen Ende des Hypokotyls hat sich deutlich infolge Hemmung des Längenwachstums unterhalb des behandelten Kotyledo geöffnet. Das wird in der Folge noch viel auffallender: Nach etwa 36 Stunden hat sich das Krümmungsknie mehr oder weniger gerade gestreckt und nach etwa 48 Stunden ist es nach der anderen Seite umgeschlagen, der bestrichene Kotyledo ist jetzt dem Hypokotyl zugekehrt (Fig. 8). Vergleicht man die Hypokotyllängen, so betragen sie bei der Erythrosin-Serie und der Kontrolle 11,0 bzw. 10,6 cm, bei der Heteroauxin- und Mischpasten-Serie 8,2 bzw. 7,6 cm. Ein weiterer Versuch verlief ganz entsprechend. Es wurde dann noch ein dritter Versuch dieser Art angestellt, bei dem J-K-Pasten verschiedener Konzentration benutzt wurden, und zwar ausgehend von einer neu hergestellten 0,2% J-K-Paste, die im Verhältnis 1:5 wiederholt verdünnt wurde, bis zu einer

0,00032%igen Konzentration. Die stärkste Paste löste jetzt anfangs im negativ geotropischen Teil des Hypokotyls eine positive Krümmung aus und erst später wirkte sie negativ krümmend, wie das die mittleren Pasten von Anfang an tun, während die beiden schwächsten keine Reaktion hervorriefen. Am Krümmungsknie wirken dagegen die starken und mittleren Pasten immer positiv krümmend.

Fig. 8:

Wirkung einseitig aufgetragener J-K-Paste (0,2%) auf das Wachstum des Hypokotyls. Zu Beginn des Versuches war das Hypokotyl unten gerade und oben nach links umgebogen. Mit Paste behandelt, wurde der abaxiale Kotyledo links, der sich jetzt nach erfolgter Reaktion rechts unten befindet. Unterhalb des auf seiner Außenseite behandelten Kotyledo hat der Wuchsstoff wachstumshemmend, weiter unten aber wachstumsfördernd gewirkt. Ganz im Anfang des Versuchs verursachte er dicht über der Basis des Hypokotyls eine Schwellung (deutlich zu erkennen).

Aus diesen Versuchen ersieht man zunächst wieder, daß das Erythrosin kaum einen Einfluß auf das Wachstum der Hypokotyle von *Cucumis* ausübt, daß aber Heteroauxin in der hier verwendeten Konzentration das Längenwachstum hemmt, aber das Dickenwachstum in den unteren älteren und negativ geotropischen Teilen des Hypokotyls fördert, was in dem obersten Teile nicht der Fall ist. Hier tritt nur die Hemmung des Längenwachstums in die Erscheinung, ein Dickerwerden ist nicht zu beobachten. Daher hat die Krümmung oben am Hypokotyl gerade den umgekehrten Verlauf als unten. Der Übergang von der positiven Wuchsstoffkrümmung oben zu der negativen unten ist ziemlich plötzlich, die neutrale Zone, in der also der Wuchsstoff weder + noch — krümmend wirkt, ist ziemlich kurz.

V. Besprechung der Ergebnisse.

Die Untersuchungen haben zunächst ergeben, daß Wuchsstoff (Heteroauxin) einerseits und die Farbstoffe Erythrosin und Eosin andrerseits eine antagonistische Wirkung auf das Wachstum der Haferkoleoptyle ausüben: mit steigender Wuchsstoffkonzentration wird das Wachstum mehr und mehr gefördert, mit steigender Farbstoffkonzentration mehr und mehr gehemmt. Es war nun die Frage zu beantworten: Wie verhalten sich Wuchsstoff und Farbstoff enthaltende Mischpasten? Bei schwacher Farbstoffkonzentration wird die wachstumsfördernde Wirkung des Wuchsstoffes nicht wesentlich gehemmt. Die Hemmung wächst aber mit steigendem Farbstoffgehalt der Paste. Starke Wuchsstoffkonzentrationen werden in ihrer Wirkung durch schwache Farbstoffkonzentrationen überhaupt nicht und durch starke nur unerheblich gehemmt. Man sieht also, daß zwar das Wachstum der Haferkoleoptile durch steigende Farbstoffkonzentrationen mehr und mehr gehemmt wird, daß aber diese Hemmung durch Zufuhr geeigneter Wuchsstoffmengen fast ganz behoben werden kann. Daraus folgt aber, daß der Farbstoff nicht die Wachstumsfähigkeit der Haferkoleoptile proportional der beobachteten Wachstumshemmung schädigt, sondern daß er nur die Fähigkeit, auf Wuchsstoff mit einer Wachstumsförderung zu reagieren, abstumpft: sonst könnten sich ja nicht durch Zufuhr höherer Wuchsstoffkonzentrationen die durch Farbstoff verursachten Wachstumshemmungen so weitgehend wettmachen lassen.

Auf welche Weise der Farbstoff seine wachstumshemmende Wirkung ausübt, wissen wir nicht. Wenn man Wuchsstoffpasten einseitig aufträgt, so entstehen negative Krümmungen. Stellt man die Krümmung in Abhängigkeit von der Wuchsstoffkonzentration dar, so erhält man eine Optimumkurve. Die Krümmungen nehmen bis zu einer gewissen Konzentration zu und dann bei wachsender Konzentration wieder ab. Das erklärt sich so: Bei jeder Konzentration ist der Grad der negativen Krümmung das Ergebnis des Wachstums der behandelten und der unbehandelten Flanke. Da nun Wuchsstoff, wie bekannt, quer transportiert wird, so erfolgt auch auf der nicht behandelten Flanke

eine Wachstumsförderung. Auf der behandelten Flanke wird naturgemäß die maximale Wachstumsförderung bei einer niedrigeren Wuchsstoffkonzentration der Paste erreicht als auf der antagonistischen Flanke, da ja beim Quertransport Konzentrationsverluste eintreten, und so kommt es eben, daß von einer gewissen Konzentration an die negativen Krümmungen nicht mehr zu, sondern abnehmen. Bei einseitigem Auftragen von Farbstoffpaste liegt der Fall ähnlich, nur daß eben der Farbstoff — von einer gewissen Konzentration ab — wachstumshemmend wirkt. Wie ist aber die Wirkung der Mischpaste zu verstehen? Wenn man den Farb- und Wuchsstoffgehalt der Mischpaste gleichmäßig ansteigen läßt, so beobachtet man bei einseitigem Auftragen wieder negative Krümmungen, die ebenfalls einer Optimumkurve folgen, nur daß das erreichte Kurvenmaximum wesentlich höher liegt als bei Verwendung von reiner Wuchsstoffpaste und erst bei erheblich höherer Konzentration erreicht wird. Das beruht natürlich darauf, daß auf der behandelten und nicht behandelten Flanke ein ganz erheblich größerer Wachstumsunterschied zustande kommt. Nun wissen wir aber, daß Mischpasten, die den Farbstoff und Wuchsstoff in gleichen Prozentsätzen enthalten, eine kaum geringere Wirkung auf das Wachstum haben als reine Wuchsstoffpasten derselben Konzentration. Nur wenn in den Mischpasten der Farbstoff in wesentlich stärkerer Konzentration als der Wuchsstoff enthalten ist, wird die Wuchsstoffwirkung der Paste wesentlich herabgesetzt. Wir müssen also bei einseitigem Auftragen von Mischpaste annehmen, daß es auf der nicht behandelten Seite zu einer Verschiebung des Verhältnisses Erythrosin zu Heteroauxin kommt, und zwar zugunsten des Farbstoffes, oder anders ausgedrückt; durch das Erythrosin muß der Quertransport des Heteroauxins gehemmt werden. Sonst sind die auffällig starken negativen Krümmungen bei Verwendung von Mischpaste nicht zu verstehen. So allein sind auch die Kurven der Fig. 4 erklärlich. Vergleicht man die Wirkung von Mischpasten, die den gleichen J-Na-Gehalt, z. B. von 0,1%, aber wechselnden Gehalt an Erythrosin haben, hinsichtlich ihrer Wirkung, so ergibt sich, daß die negativen Krümmungen mit der Zunahme der Farbstoffkonzentration einen Anstieg erfahren, da offenbar der Quertransport des J-Na gestört ist und das Erythrosin auf der nichtbehandelten Seite stärker zur Geltung kommen kann. Steigt der Farbstoffgehalt über 0,25%, dann nimmt die Krümmung wieder ab, weil nunmehr auf der behandelten Seite das J-Na in seiner Wirkung geschwächt wird. Liegt das J-Na in einer niedrigeren Konzentration als 0,1% vor, so wird ein geringerer Erythrosingehalt als im obigen Falle genügen, um das J-Na in seiner Wirkung auf der behandelten Flanke zu beeinträchtigen; das Maximum wird also in Richtung der schwächeren Farbstoffkonzentrationen verschoben (Kurven e—h). Dieser Effekt geht schließlich dahin, daß die Mischpasten, denen eine noch geringere Heteroauxinkonzentration zugrunde liegt, Kurven ergeben, die kein Maximum mehr haben (Kurven i—l); bereits ein geringer Erythrosinzusatz genügt, um die J-Na-Wirkung auf der

behandelten Flanke zu beeinträchtigen. Die diesbezüglichen Kurven verlaufen somit teils im negativen, teils im positiven Gebiet. Bei unendlichfacher Verdünnung des J-Na ergibt sich die Erythrosinkurve, die ihren gesamten Verlauf im positiven Sinne nimmt.

Wir können also aus unseren Versuchen den Schluß ziehen, daß 1. die Wirkung des Wuchsstoffes durch Erythrosin und Eosin in steigender Konzentration eine immer stärkere Schwächung erfährt, bzw. die Reaktionsfähigkeit der Haferkoleoptile gegenüber Wuchsstoff herabgesetzt wird und 2. der Quertransport des Wuchsstoffes in der Koleoptile durch die genannten Farbstoffe gehemmt wird.

Diese beiden Ergebnisse sind gesichert und sie scheinen mir auch zu genügen, um die von anderen Autoren an Koleoptilen und Wurzeln durch Behandlung mit Erythrosin, Eosin usw. gemachten Beobachtungen ohne weitere Hilfsmaßnahmen zu erklären. Was zunächst die Gramineen-Koleoptile anbelangt, so haben Boas und Merkenschlager (1925) festgestellt, daß durch Vorbehandlung der Körner mit stärkeren Eosinlösungen die Koleoptilen sich nicht aufrichteten, sondern in der Richtung weiterwuchsen, die ihnen jeweils durch die Lage im Korn gegeben war. Die Autoren bezeichnen diese Erscheinung als „Reizverlust neben Weiterlauf des Wachstums". Es handelt sich um die gleiche Reaktion auf den Farbstoff, wie sie in noch auffälligerer Weise, d. h. schon bei schwächeren Konzentrationen, bei der Wurzel beobachtet wird. Mir scheint die Erklärung in der Erschwerung des Quertransportes des Wuchsstoffes zu liegen; dadurch werden die geotropischen Krümmungen unmöglich gemacht. Boysen-Jensen (1934) nimmt nun aber an, daß auch die Wuchsstoffneubildung in der Wurzelspitze unterbleibt. Der Ageotropismus der Wurzel nach Farbstoffvorbehandlung wird von ihm in erster Linie auf das Fehlen des nötigen Wuchsstoffes zurückgeführt. Wenn allmählich die behandelte Wurzel wieder zur Neubildung von Wuchsstoff geschritten ist, dann führt sie zunächst noch keine positiv geotropischen Krümmungen aus, weil „die Wuchsstoffverteilung in der Wurzel nicht ausgiebig genug ist, um eine schnell verlaufende, positiv geotropische Krümmung herbeizuführen".

Für die Auffassung, daß es durch die Farbstoffbehandlung zu einer Unterdrückung der Neubildung von Wuchsstoff kommt, bieten meine Versuche keine Anhaltspunkte. Daß natürlich die Wuchsstoffbildung etwas geschwächt werden kann, wie ja auch mit steigender Farbstoffkonzentration das Wachstum und in Abhängigkeit davon eine Reihe anderer Lebensprozesse eine Hemmung erfahren, soll nicht bestritten werden. Wenn man aber bedenkt, welche geringe Mengen Auxin die Wurzel nötig hat, um normal wachsen und sich krümmen zu können, und wenn man weiter beachtet, daß eine Koleoptile auch nach mehrfachen Dekapitationen noch immer so viel Auxin in ihrem Stumpf zurückbehält, daß sie eine deutliche, wenn auch schwache geo- oder phototropische Krümmung auszuführen vermag, so scheint mir eine

restlose Unterbindung der Auxinbildung durch den Farbstoff, die man doch zur Erklärung des ageotropischen Verhaltens fordern müßte, nicht annehmbar.

Wenn wir uns nun fragen, wie das Erythrosin und Eosin in das zellphysiologische Geschehen eingreifen, so müssen wir gestehen, daß wir darüber nicht viel wissen. Mildebrath (1932) hat u. a. festgestellt, daß nach Vorbehandlung mit Fluoresceinfarbstoffen der osmotische Wert und der Turgor der Zellen sinken, während die Saugkraft erhöht wird, daß die Dehnbarkeit der Membran herabgesetzt ist und die Viskosität des Plasmas eine Erhöhung erfährt, aber so wertvoll solche Feststellungen auch sein mögen, damit ist natürlich noch nicht viel gewonnen. Man könnte sich zwar vorstellen, daß die von uns festgestellte Herabsetzung des Reaktionsvermögens gegenüber Wuchsstoff durch die Farbstoffe z. B. auf der Herabsetzung der Wanddehnbarkeit beruht. Denn man weiß ja, daß eine der zuerst zu beobachtenden Reaktionen des Wuchsstoffes die Erhöhung der Wanddehnbarkeit ist. Dabei muß man sich aber darüber klar sein, daß die Sachlage durchaus nicht so einfach zu sein braucht.

Daß bei Versuchen im Lichte durch das Hinzutreten des photodynamischen Faktors die Beurteilung von Versuchsergebnissen eine ganz andere sein muß, liegt auf der Hand. Es wird dies aber nicht immer beachtet. So schreibt Tutschova (1937) in einer Arbeit, in der sie die Abhängigkeit der Fasziation an Keimlingen vom Wuchsstoff—Farbstoffverhältnis untersucht, „daß der natürliche Wuchsstoff durch das Eosin inaktiviert wird, wie Boas für Avenakoleoptilen, Boysen-Jensen für ageotropische Wurzeln von *Vicia Faba* und Skoog für wässrige Lösungen von Auxin festgestellt haben." Sie vergißt dabei, daß es sich bei den Versuchen der beiden ersteren Autoren um Dunkel-, bei Skoog aber um Lichtversuche handelt.

Bei den *Cucumis*-Versuchen hatte das Bestreichen einer Hypokotylflanke mit J-Na bzw. Mischpaste keine deutlich verschiedene Wirkung. Die negativen Krümmungen waren bei geeigneter Konzentration in beiden Fällen außerordentlich stark. Die Erklärung liegt offenbar darin, daß in den *Cucumis*-Hypokotylen der Quertransport des Wuchsstoffes an sich schon viel schwerer erfolgt als in den Haferkoleoptilen, eine weitere Hemmung des Quertransportes durch das Erythrosin daher kaum ins Gewicht fällt. Außerdem ist das Wachstum etiolierter *Cucumis*-Hypokotyle viel intensiver als das der Haferkoleoptile. Dazu kommt, daß der Farbstoff beim *Cucumis*-Hypokotyl das Wachstum bei weitem nicht in gleich starkem Maße hemmt wie bei der Haferkoleoptile.

Das zeigt sich auch bei den Versuchen an etiolierten Gurkenkeimlingen, bei denen die Erythrosin-Paste auf der Unterseite eines Kotyledos aufgetragen wurde. Es hatte dies auf das Krümmungsknie dicht unterhalb des Kotyledos keinen nennenswerten Einfluß, während J-K- und Mischpaste eine Wachstumshemmung unterhalb des Kotyledos veranlaßten, so daß es zu einer immer stärkeren Konkavkrümmung

unterhalb des behandelten Kotyledo bis zur Öffnung des Knies und schließlich zum völligen Umschlagen desselben (um 180°) kommt. Unterhalb des Knies krümmt sich dagegen das Hypokotyl in der bekannten Weise, d. h. so, daß die Flanke unter dem behandelten Kotyledo konvex wird. Die positive Krümmung am Krümmungsknie erinnert an das Verhalten der Wurzel gegenüber Wuchsstoff. Auch sie reagiert ja auf Wuchsstoff relativ niedriger Konzentration mit Retardierung des Wachstums. Dieses gleichartige Verhalten legt den Schluß nahe, daß das übliche entgegengesetzte Verhalten von Sproß und Wurzel gegenüber Wuchsstoff nicht auf einem Unterschied der beiden Organsysteme beruht. Vielmehr handelt es sich wohl um das Alter der Zellen, d. h. es kommt darauf an, wie weit die Zellen sich aus dem Embryonalzustand entfernt haben. Bei der Wurzel mit ihrer kurzen Wachstumszone sind die wachsenden und auf Wuchsstoff reagierenden Zellen noch jung, beim Sproß mit seiner oft ausgedehnten Wachstumszone dagegen gewöhnlich viel älter. Untersucht man daher Sproßregionen, die direkt an die meristematischen Zonen anschließen, so findet man hier ein gleiches Verhalten gegenüber Wuchsstoff wie bei der Wurzel.

VI. Zusammenfassung der Ergebnisse.

1. Wuchsstoffpasten, einseitig an Avenakoleoptilen aufgetragen, lösen negative Krümmungen aus. Diese sind bei mittleren Konzentrationen am stärksten (bis 360°), so daß sich eine Optimumkurve ergibt.
2. Bei einseitiger Behandlung mit Erythrosinpaste treten positive Krümmungen auf. Sie sind um so stärker, je höher die Farbstoffkonzentration ist; jedoch zeigt die Kurve bei weitgehender Erhöhung der Konzentration eine deutliche Abflachung.
3. Starke Wuchsstoffpasten, denen Erythrosin zugesetzt wird, rufen negative Krümmungen hervor, die stärker sind als die durch Wuchsstoff allein erzielten (etwa 800°, mitunter bis 1400°). Und zwar treten durch Zusatz größerer Farbstoffmengen stärkere Krümmungen auf, bis auch hier ein Maximum erreicht wird, von wo ab die Krümmungen wieder schwächer werden.
4. Schwache Wuchsstoffpasten zeigen in Verbindung mit Erythrosin ein umgekehrtes Verhalten. Hier werden die Ablenkungen durch Erhöhung der Farbstoffkonzentration schwächer und schließlich positiv.
5. Es konnte gezeigt werden, daß die starken negativen Krümmungen nichts mit einer übermäßigen Wachstumsförderung zu tun haben. Durch zweiseitiges Auftragen der Pasten ergab sich, daß ein durch Wuchsstoff hervorgerufener Längenzuwachs durch Erythrosin beeinträchtigt wird, jedoch nicht in so starkem Maße, wie man aus der schädigenden Wirkung des Farbstoffes allein schließen könnte. So wird die wachstumsfördernde Wirkung starker Wuchsstoffpasten

selbst durch höchste Farbstoffkonzentrationen in nur geringfügiger Weise herabgesetzt, die Wirkung schwacher Pasten jedoch in deutlichem Maße.

6. Die genannten Effekte konnten auch mit Eosin (gelblich und bläulich) erzielt werden.
7. Die Wirkungen der Farbstoffe bestehen in einer Herabsetzung des Reaktionsvermögens gegenüber Wuchsstoff und in einer Hemmung des Quertransportes des Wuchsstoffes.
8. Damit läßt sich auch der bekannte Ageotropismus von Wurzeln und Koleoptilen nach Behandlung mit Erythrosin oder Eosin erklären.
9. Wenn beim *Cucumis*-Hypokotyl eine Verstärkung der Krümmung durch Zusatz von Erythrosin zur Wuchsstoffpaste nicht erzielt wird, so liegt das in erster Linie daran, daß in dem Hypokotyl der Quertransport des Wuchsstoffes an und für sich schwerer erfolgt als in der Koleoptile; außerdem erfährt das Wachstum des Hypokotyls durch Behandlung mit den Farbstoffen keine so starke Verzögerung.
10. An etiolierten Gurkenkeimlingen werden im Gewebe des Krümmungsknies des Hypokotyls durch relativ schwache Wuchsstoffkonzentrationen Wachstumshemmungen hervorgerufen, die in den mehr basalwärts gelegenen Gewebepartien Wachstumsförderung auslösen.
11. Das Verhalten gleicht dem der Wurzel. Das ist so zu verstehen, daß es sich bei den Wurzelwachstumszonen und dem Krümmungsknie des Hypokotyls um jugendliche Gewebe handelt, die gegenüber Wuchsstoff viel empfindlicher sind als die älteren Zellen der gewöhnlichen Sproßwachstumszonen. Damit fällt auch der letzte Unterschied zwischen Wurzel und Sproß bezüglich ihres Verhaltens gegenüber Wuchsstoff.

Tabelle 1.

Einfluß der Dekapitation auf die Krümmung
(in Graden).

nach	12	24	36	48 Stunden
Koleoptile unverletzt J-Na 0,1%	—60	—123	—147	—152
Koleoptile dekapitiert J-Na 0,1%	—98	—168	—185	—192
Koleoptile unverletzt Erythrosin 0,1%	+93	+117	+122	+124
Koleoptile dekapitiert Erythrosin 0,1%	+10	+ 12	+ 15	+ 16
Koleoptile unverletzt Mischpaste 0,1%	—97	—369	—570	—774
Koleoptile dekapitiert Mischpaste 0,1%	—83	—264	—456	—634

Tabelle 2.

Zusammenhang zwischen Länge der Flanken und Krümmung.

Ausgangslänge der Koleoptilen: 16 mm

Nach 36 Stunden:

Kontrolle: 54 mm		
Mit J-Na 0,1% behandelt:	Konvexflanke	67,0 mm
	Konkavflanke	63,0 mm
	Krümmung	179°
Mit Mischpaste 0,1% behandelt:..	Konvexflanke	67,0 mm
	Konkavflanke	46,0 mm
	Krümmung	800°

Gemessen wurde die Konvexflanke sowie die Krümmung; die Länge der Konkavseite wurde errechnet.

Die Versuche zu vorliegender Arbeit wurden in der Zeit von August 1936 bis Dezember 1937 im Botanischen Institut der Johann-Wolfgang-Goethe-Universität in Frankfurt a. M. ausgeführt. Meinem hochverehrten Lehrer, Herrn Prof. Dr. F. Laibach, möchte ich an dieser Stelle für sein reges Interesse und für seine stete Förderung herzlich danken, Ferner danke ich Herrn K. Reis für die Anfertigung der photographischen Aufnahmen.

LITERATURVERZEICHNIS.

1. Boas, F.: Zur Kenntnis der Eosinwirkung auf das Wachstum der Wurzeln. Berichte d. Deutschen Bot. Ges. **45**, 61 (1927).
2. Boas, F. und F. Merkenschlager: Reizverlust, hervorgerufen durch Eosin. Ebenda **43**, 381 (1925).
3. Boysen, Jensen P.: Über Wuchsstoff in Wurzeln, die mit Erythrosin vergiftet sind. Planta **22**, 404 (1934).
4. — Die Wuchsstofftheorie. Jena 1935.
5. Brecht, F.: Der Einfluß von Wuchsstoff- und Säurepasten auf das Wachstum von Avena- und Helianthus-Keimlingen und seine Abhängigkeit vom Sauerstoffgehalt der Luft. Jahrb. f. wiss. Bot. **82**, 581 (1936).
6. Gorter, Ch. J.: On the occurence of growth-accelerating and growth-retarding substances. Proc. Kon. Akad. Wetensch. Amsterdam **30**, 728 (1927).
8. Laibach, F.: Über die Auslösung von Kallus- und Wurzelbildung durch β-Indolylessigsäure. Ber. d. Deutsch. Bot. Ges. **53**, 359 (1935).
9. — und O. Fischnich: Die Wuchsstoffleitung in der Pflanze. Planta **26**, 81 (1936).
10. — und P. Kornmann: Zur Frage des Wuchsstofftransportes in der Haferkoleoptile. Ebenda **21**, 396 (1933).
11. — und E. Maschmann: Über den Wuchsstoff der Orchideenpollinien. Jahrb. f. wiss. Bot. **78**, 399 (1933).
12. Mildebrath, D.: Untersuchungen über die Beeinflussung der geotropischen Reaktion der Wurzeln von *Zea mays* nach Vorbehandlung mit Fluoreszeinfarbstoffen und Salzen. Bot. Arch. **34**, 161 (1932).

13. Schweighart, O.: Eosin und Keimpflanzen. Beihefte z. Bot. Zentralblatt Abt. A **53,** 217 (1935).
14. Skoog, F.: The effect of x-irradiation on auxin and plant growth, Journ. of cell. and comp. phys. **7,** 227 (1935).
15. Takeda, H.: Stimulating action of oxyphthalein colouring matters on the geotropism in rice-seedling with special reference to its effect on the growth in length. The Science Reports of the Tohoku Imp. Univ. **4,** 557 (1929).
16. Tutschova, M.: Die Fasziation bei Phaseolus multiflorus und Wuchsstoff. Planta **27,** 278 (1937).
17. Viehmann, H.: Untersuchungen über die chemotropische Wirkung organischer Säuren. Jahrb. f. wiss. Bot. **87,** 408 (1938).
18. Weij, H. G. v. d.: Der Mechanismus des Wuchsstofftransportes. Rec. trav. bot. néerl. **29,** 379 (1932).
19. Went, F. W.: Wuchsstoff und Wachstum. Ebenda **25,** 1 (1929).

LEBENSLAUF.

Am 21. Juni 1911 wurde ich, Karl Günter Stahlberg, als Sohn des Sanitätsfeldwebels Carl Stahlberg und dessen Ehefrau Frida, geb. Graßhoff, zu Magdeburg geboren. Im Jahre 1913 siedelten meine Eltern nach Frankfurt a. M. über. Hier besuchte ich die Helmholtz-Oberrealschule von Ostern 1917 bis Ostern 1925. Infolge der Übernahme des Zollamtes in St. Goarshausen a. Rh. durch meinen Vater verbrachte ich den zweiten Teil meiner Schulzeit an der dortigen Privatanstalt „Institut Hofmann". Durch Verfügung des Provinzial-Schul-Kollegiums zu Kassel wurde ich zur Reifeprüfung als Nichtschüler zugelassen und einem Prüfungsausschuß zur Prüfung nach dem Lehrplan der Oberrealschule überwiesen. Am 21. März 1930 wurde mir das Zeugnis der Reife zuerkannt. Darauf widmete ich mich dem Studium der Naturwissenschaften. Im Vordergrund meiner Ausbildung standen Botanik, Zoologie und Chemie. Auch die anderen naturwissenschaftlichen Gebiete fanden weitgehende Berücksichtigung. Meine Studienzeit verbrachte ich an den Universitäten Frankfurt a. M. (W.-S. 1930/31 und S.-S. 1931), Leipzig (W.-S. 1931), Freiburg i. Br. (S.-S. 1932 und W.-S. 1932/33), sodann wieder in Frankfurt a. M. (W.-S. 1933/34 bis S.-S. 1937). Ich besitze die Staatsangehörigkeit des Deutschen Reiches.